

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3040719号

(P3040719)

(45)発行日 平成12年 5 月15日 (2000. 5. 15)

(24)登録日 平成12年 3 月 3 日 (2000. 3. 3)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

H 0 1 J 61/44

H 0 1 J 61/44

P

F 2 1 S 8/04

F 2 1 S 7/00

A

請求項の数10(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平8-208644

(22)出願日 平成8年8月7日(1996. 8. 7)

(65)公開番号 特開平9-120797

(43)公開日 平成9年5月6日(1997. 5. 6)

審査請求日 平成9年4月16日(1997. 4. 16)

(31)優先権主張番号 特願平7-215842

(32)優先日 平成7年8月24日(1995. 8. 24)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(73)特許権者 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 矢野 正

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電  
器産業株式会社内

(72)発明者 橋本 健次郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電  
器産業株式会社内

(72)発明者 猪野原 誠

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電  
器産業株式会社内

(74)代理人 100078282

弁理士 山本 秀策

審査官 江成 克己

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 一般照明用放電ランプおよび一般照明用照明器具

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 一般照明用放電ランプが発する照明光Sが照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積をG (S, 1000(lx))とし、標準光D<sub>65</sub>が照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積をG (D<sub>65</sub>, 1000(lx))とし、目立ち指数Mを、 $M = [G(S, 1000(lx)) / G(D_{65}, 1000(lx))]^{1.6} \times 100$ と表すとき、該照明光Sの逆数相関色温度Mrと該目立ち指数Mとが、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 101.5$ 、かつ $M \leq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 129.5$ 、かつ $100(MK^{-1}) \leq Mr \leq 385(MK^{-1})$ を満足する一般照明用放電ランプ。

【請求項2】 前記放電ランプの光色の色度点は、CIE 1960 uv 色度図上で黒体軌跡からの色度偏差が-0.003よりも大きく、+0.010よりも小さい色度範囲に存在する、請求項1に記載の一般照明用放電ランプ。

2

【請求項3】 前記放電ランプの光色の色度点は、CIE 1960 uv 色度図上で黒体軌跡からの色度偏差が0よりも大きく、+0.010よりも小さい色度範囲に存在する、請求項1に記載の一般照明用放電ランプ。

【請求項4】 前記放電ランプは蛍光ランプであり、ピーク波長が400nmから460nmである青色系蛍光体、500nmから550nmである緑色系蛍光体および600nmから670nmである赤色系蛍光体のうちの緑色系蛍光体および赤色系蛍光体の組み合わせ、または青色系蛍光体、緑色系蛍光体、および赤色系蛍光体の組み合わせを含んでいる、請求項1から3のいずれか1つに記載の一般照明用放電ランプ。

【請求項5】 前記青色系蛍光体は、ピーク波長が400nmから460nmである2価ユーロピウム付活青色系蛍光体であり、前記緑色系蛍光体は、ピーク波長が500nmから550

nmであるテルビウム付活緑色系蛍光体、またはテルビウム・セリウム付活緑色系蛍光体であり、前記赤色系蛍光体は、ピーク波長が600nmから670nmである3価ユーロピウム付活赤色系蛍光体、またはマンガン付活赤色系蛍光体である、請求項4に記載の一般照明用放電ランプ。

【請求項6】 前記放電ランプは蛍光ランプであり、ピーク波長が400nmから460nmである青色系蛍光体、470nmから495nmである青緑色系蛍光体、500nmから550nmである緑色系蛍光体、600nmから670nmである赤色系蛍光体のうちの、青緑色系蛍光体、緑色系蛍光体および赤色系蛍光体の組み合わせ、または青色系蛍光体、青緑色系蛍光体、緑色系蛍光体および赤色系蛍光体の組み合わせを有している、請求項1から3のいずれか1つに記載の一般照明用放電ランプ。

【請求項7】 前記青色系蛍光体は、ピーク波長が400nmから460nmである2価ユーロピウム付活青色系蛍光体であり、前記青緑色系蛍光体は、ピーク波長が470nmから495nmである2価ユーロピウム付活青緑色系蛍光体であり、前記緑色系蛍光体は、ピーク波長が500nmから550nmであるテルビウム付活緑色系蛍光体、またはテルビウム・セリウム付活緑色系蛍光体であり、前記赤色系蛍光体は、ピーク波長が600nmから670nmである3価ユーロピウム付活赤色系蛍光体、またはマンガン付活赤色系蛍光体である、請求項6に記載の一般照明用放電ランプ。

【請求項8】 一般照明用照明器具が発する照明光Sが照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積をG (S, 1000(lx))とし、標準光D<sub>65</sub>が照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積をG (D<sub>65</sub>, 1000(lx))とし、目立ち指数Mを、 $M = [G(S, 1000(lx)) / G(D_{65}, 1000(lx))]^{1.6} \times 100$ と表すとき、該照明光Sの逆数相関色温度Mrと該目立ち指数Mとが、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 101.5$ 、かつ $M \leq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 129.5$ 、かつ $100(MK^{-1}) \leq Mr \leq 385(MK^{-1})$ を満足している、一般照明用照明器具。

【請求項9】 前記照明器具は、ランプと、反射板および透過板の少なくとも一方を備えている、請求項8に記載の一般照明用照明器具。

【請求項10】 前記照明器具は、複数個のランプを有している、請求項8または9に記載の一般照明用照明器具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、屋内照明の色彩環境を好ましく設計することを目的とした一般照明用の放電ランプ及び照明器具に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、光源の演色性を定量的に評価する方法としては、「色の見え方の忠実性の評価方法」がある。これは、対象とするランプが基準光に比べてどの程度忠実に色を再現しているかを定量的に評価する方法

で、現在CIE Pub. 132-1974「光源の演色性評価方法」で規定されており、平均演色評価数Raの数値で表わされている。現在、放電ランプの開発も、この平均演色評価数Raの向上と明るさ効率の向上を目標に開発されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 一方、色の見え方の忠実性の評価の他に、「色の見え方の好ましさの評価方法」について、最近研究が進められている。この方法は、対象とするランプが基準光と比較すると色ずれを起こしているが、その色ずれが好ましい方向へのずれか、好ましくない方向へのずれかを定量的に評価する方法である。この色の見え方の好ましさの評価は、光源の重要な演色特性の一つであるが、現在までまだ標準化された方法は定められておらず、今後の研究課題である。

【0004】 色の見えの好ましさに関しては、人間の肌色や食品や生花や木の葉の緑が重要な対象物である。この中で、精肉や鮮魚等の食品については食品展示用ランプ、生花や木の葉などについては植物観賞用ランプが既に開発されている。しかしながら、これらの食品展示用ランプや植物観賞用ランプは、いわゆる特定用途のための特殊ランプであり、ランプの光色がピンクがかっている。そのため、このような特殊ランプを一般照明用に代用することはできない。

【0005】 住宅、オフィス、店舗などといった一般照明用ランプの開発においては、人間の肌色、生花、木の葉の緑、壁の色など照明環境に重要な色彩対象物の色の見え方をバランスよく見せながら、特徴のあるランプを開発することが重要となる。このうち、本願発明者は、特に人間の肌色に注目して、好ましい肌色領域を実験により明らかにし、肌色を好ましくみせる放電ランプを作製した（特願平7-134196号）。

【0006】 一方、本願発明者は、生花、木の葉の緑などの肌色以外の色彩対象物に対しては、目立ち感の概念から発展させた目立ち指数により照明色彩環境を評価できることを長年の研究成果に基づいて明らかにした（たとえば、橋本らの「カラーリサーチアプリケーション」

(Visual Clarity and Feeling of Contrast, Color Research and Application, 19, 3, June, (1994))、橋本ら：目立ち感に基づく光源の演色性評価方法、照明学会誌、79, 11, (1995))。しかしながら、目立ち指数のような評価方法が確立されていなかったために、これまでに、生花や木の葉の緑などの色彩対象物を一般照明環境下で十分に美しく好ましく見せることを目的とした放電ランプ及び照明器具は作製されてなかった。

【0007】 本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、特に住宅、店舗、オフィスなどの主照明に適した好ましい照明色彩環境が得られる一般照明用放電ランプ及び照明器具を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の一般照明用放電ランプは、一般照明用放電ランプが発する照明光Sが照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積を $G(S, 1000(lx))$ とし、標準光 $D_{65}$ が照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積を $G(D_{65}, 1000(lx))$ とし、目立ち指数Mを、 $M = [G(S, 1000(lx)) / G(D_{65}, 1000(lx))]^{1.6} \times 100$ と表すとき、照明光Sの逆数相関色温度 $Mr$ と目立ち指数Mとが、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 101.5$ 、かつ $M \leq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 129.5$ 、かつ $100(MK^{-1}) \leq Mr \leq 385(MK^{-1})$ を満足し、そのことにより上記目的を達成する。

【0009】前記放電ランプの光色の色度点は、CIE 1960 uv 色度図上で黒体軌跡からの色度偏差が-0.003よりも大きく、+0.010よりも小さい色度範囲に存在してもよい。

【0010】前記放電ランプの光色の色度点は、CIE 1960 uv 色度図上で黒体軌跡からの色度偏差が0よりも大きく、+0.010よりも小さい色度範囲に存在してもよい。

【0011】前記放電ランプは蛍光ランプであり、ピーク波長が400nmから460nmである青色系蛍光体、500nmから550nmである緑色系蛍光体および600nmから670nmである赤色系蛍光体のうちの緑色系蛍光体および赤色系蛍光体の組み合わせ、または青色系蛍光体、緑色系蛍光体および赤色系蛍光体の組み合わせを有していてもよい。

【0012】前記青色系蛍光体は、ピーク波長が400nmから460nmである2価ユーロピウム付活青色系蛍光体であり、前記緑色系蛍光体は、ピーク波長が500nmから550nmであるテルビウム付活緑色系蛍光体、またはテルビウム・セリウム付活緑色系蛍光体であり、前記赤色系蛍光体は、ピーク波長が600nmから670nmである3価ユーロピウム付活赤色系蛍光体、またはマンガン付活赤色系蛍光体であってもよい。

【0013】前記放電ランプは蛍光ランプであり、ピーク波長が400nmから460nmである青色系蛍光体、470nmから495nmである青緑色系蛍光体、500nmから550nmである緑色系蛍光体、600nmから670nmである赤色系蛍光体のうちの、青緑色系蛍光体、緑色系蛍光体および赤色系蛍光体の組み合わせ、または青色系蛍光体、青緑色系蛍光体、緑色系蛍光体および赤色系蛍光体の組み合わせを有し

ていてもよい。

【0014】前記青色系蛍光体は、ピーク波長が400nmから460nmである2価ユーロピウム付活青色系蛍光体であり、前記青緑色系蛍光体は、ピーク波長が470nmから495nmである2価ユーロピウム付活青緑色系蛍光体であり、前記緑色系蛍光体は、ピーク波長が500nmから550nmであるテルビウム付活緑色系蛍光体、またはテルビウム・セリウム付活緑色系蛍光体であり、前記赤色系蛍光体は、ピーク波長が600nmから670nmである3価ユーロピウム付活赤色系蛍光体、またはマンガン付活赤色系蛍光体であってもよい。

【0015】本発明の一般照明用照明器具は、一般照明用照明器具が発する照明光Sが照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積を $G(S, 1000(lx))$ とし、標準光 $D_{65}$ が照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積を $G(D_{65}, 1000(lx))$ とし、目立ち指数Mを、 $M = [G(S, 1000(lx)) / G(D_{65}, 1000(lx))]^{1.6} \times 100$ と表すとき、照明光Sの逆数相関色温度 $Mr$ と目立ち指数Mとが、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 101.5$ 、かつ $M \leq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 129.5$ 、かつ $100(MK^{-1}) \leq Mr \leq 385(MK^{-1})$ を満足しており、そのことにより上記目的を達成する。

【0016】前記照明器具は、ランプと、反射板および透過板の少なくとも一方を備えていてもよい。

【0017】前記照明器具は、複数個のランプを有していてもよい。

【0018】

【発明の実施の形態】まず、はじめに、本願発明者らが独自に開発した目立ち指数Mを説明する。

【0019】図2に示すように、照明ランプ下で照明された色彩対象物の目立ち感の程度は、表色系として、納谷らの非線形色知覚モデルのブライトネス(B)、カラフルネス( $Mr-g, My-b$ ) (たとえば、納谷ら、Color Research and Application, 20, 3, (1995)) で表わされた4色試験色の色域面積の大きさと表わされる。色域面積が大きいほど鮮やかさが増す。

【0020】表1に、目立ち指数Mの4色試験色の分光放射輝度率を示す。

【0021】

【表1】

10

20

30

40

波長(nm)	赤	黄	緑	青
380	0.058	0.078	0.075	0.066
385	0.059	0.084	0.081	0.070
390	0.061	0.092	0.088	0.076
395	0.061	0.099	0.096	0.085
400	0.061	0.103	0.101	0.092
405	0.061	0.106	0.105	0.101
410	0.060	0.107	0.108	0.109
415	0.060	0.107	0.110	0.110
420	0.059	0.107	0.112	0.111
425	0.059	0.108	0.115	0.120
430	0.058	0.109	0.118	0.123
435	0.058	0.110	0.122	0.125
440	0.058	0.111	0.125	0.124
445	0.057	0.113	0.130	0.122
450	0.056	0.115	0.135	0.124
455	0.055	0.116	0.141	0.122
460	0.055	0.118	0.149	0.120
465	0.054	0.120	0.158	0.118
470	0.053	0.123	0.166	0.117
475	0.052	0.126	0.175	0.115
480	0.051	0.130	0.184	0.113
485	0.050	0.137	0.195	0.110
490	0.050	0.148	0.209	0.107
495	0.049	0.164	0.227	0.103
500	0.049	0.194	0.256	0.100
505	0.049	0.240	0.291	0.100
510	0.049	0.293	0.325	0.100
515	0.050	0.376	0.352	0.105
520	0.050	0.451	0.363	0.094
525	0.051	0.529	0.361	0.084
530	0.051	0.596	0.348	0.077
535	0.052	0.645	0.331	0.071
540	0.053	0.684	0.308	0.067
545	0.054	0.710	0.284	0.063
550	0.055	0.726	0.260	0.061
555	0.057	0.737	0.235	0.058
560	0.060	0.743	0.213	0.057

波長(nm)	赤	黄	緑	青
565	0.062	0.747	0.191	0.055
570	0.065	0.750	0.171	0.054
575	0.068	0.750	0.154	0.053
580	0.075	0.749	0.137	0.053
585	0.089	0.749	0.121	0.052
590	0.116	0.746	0.108	0.052
595	0.150	0.743	0.096	0.052
600	0.198	0.738	0.087	0.052
605	0.263	0.734	0.080	0.051
610	0.338	0.729	0.075	0.052
615	0.412	0.726	0.072	0.052
620	0.489	0.723	0.071	0.052
625	0.555	0.721	0.070	0.052
630	0.603	0.720	0.069	0.052
635	0.641	0.719	0.069	0.052
640	0.665	0.718	0.069	0.052
645	0.682	0.718	0.069	0.052
650	0.694	0.717	0.069	0.052
655	0.703	0.718	0.069	0.052
660	0.708	0.719	0.070	0.052
665	0.713	0.721	0.072	0.051
670	0.716	0.723	0.073	0.051
675	0.718	0.725	0.074	0.051
680	0.720	0.727	0.076	0.051
685	0.722	0.729	0.077	0.051
690	0.724	0.730	0.079	0.051
695	0.726	0.732	0.080	0.051
700	0.731	0.734	0.081	0.052
705	0.733	0.734	0.081	0.053
710	0.738	0.735	0.081	0.054
715	0.742	0.735	0.080	0.056
720	0.746	0.734	0.080	0.058
725	0.751	0.734	0.080	0.060
730	0.754	0.736	0.081	0.062
735	0.756	0.738	0.083	0.064
740	0.758	0.740	0.086	0.067
745	0.760	0.742	0.090	0.071
750	0.763	0.744	0.094	0.077
755	0.765	0.747	0.098	0.089
760	0.768	0.747	0.102	0.108
765	0.769	0.749	0.105	0.129
770	0.770	0.750	0.108	0.155
775	0.773	0.750	0.110	0.176
780	0.774	0.749	0.112	0.193

【0022】なお、特に、目立ち感への寄与が大きい試験色は赤色であることから、赤色試験色を基準として、赤色、青色および緑色試験色で囲まれた面積と赤色、黄色および緑色試験色で囲まれた面積との総和を4色試験

$$M = [G(S, 1000(lx)) / G(D_{65}, 1000(lx))]^{1.6} \times 100 \quad (1)$$

なお、式(1)において、 $G(S, 1000(lx))$ は試料光源Sおよび照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積を示し、 $G(D_{65}, 1000(lx))$ は基準光源 $D_{65}$ および基準照度1000(lx)のもとでの4色試験色の色域面積を示す。

【0025】すなわち、任意の照明ランプ光S下での4色試験色の色域面積が標準の光 $D_{65}$ 光下での色域面積と同等の面積を示したとき、すなわち、標準の光 $D_{65}$ 光と同等の目立ち感が得られたときに、そのランプの目立ち指数 $M=100$ と規準化している。

【0026】つぎに、住宅、店舗およびオフィスなどの主照明に用いられる一般照明用放電ランプとして適した好ましい照明色彩環境が得られるような目立ち指数Mの範囲を求めるために、目立ち指数の異なる種々の蛍光ランプを試作して、評価実験を行なった。

【0027】評価実験に用いた試作ランプは、緑色系蛍光体として $LaPO_4:Ce^{3+}, Tb^{3+}$ (表2ではLAPで示す)を、青色系蛍光体として $Sr_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$ (表2ではSCAで示す)と $Sr_2P_2O_7:Eu^{2+}$ (表2ではBA42Nで示す)を、赤色系蛍光体として $Y_2O_3:Eu^{3+}$ (表2ではYOXで示す)と3.5MgO・0.5

色の色域面積として定義した。

【0023】目立ち指数Mは、この4色試験色の色域面積をもとに式(1)のように表すことができる。

【0024】

$MgF_2 \cdot GeO_2: Mn^{4+}$ (表2ではMFGで示す)を用い、緑色系、青色系および赤色系の3色の蛍光体を混ぜ合わせることで、30により作製した。

【0028】実験は、奥行き170cm、横150cm、高さ180cmの大きさで、天井面に各試作ランプを取り付けた観測ブースで行なった。壁面はN8.5、床面はN5、机はN7であり、机の上に、深紅のバラ、赤色、ピンク色、白色のカーネーション、黄色の小菊、青紫色、赤紫色のスターチス、紫色やピンク色に縁どられた白色のトルコ桔梗など種々の色とりどりの生花や草木、ガラス、石膏、手鏡、小皿、新聞紙、雑誌、トマト、レモン、みかん、ピーマン、15種類の色票を置いた。実験は、同一相関色温度の試作ランプごとに、観測ブース内の評価を行った。試作ランプの評価は、一般屋内の照明環境として好ましいか好ましくないかについての評価基準で行なった。表2に、評価実験に用いた試作ランプとその評価結果を記す。

【0029】

【表2】

No.	LAP	BA42N	SCA	SAE	YOK	MFG	相関色温度	$\Delta uv$	目立ち指数	評価
1	26.5		32.1		8.1	33.1	8017	-0.0018	123	○
2	27.6		32.9		11.6	27.9	7983	-0.0006	116	○
3	28.6		33.7		15.0	22.7	8060	-0.0008	111	○
4	19.2		46.8		34.0		7858	-0.0010	94	×
5	28.2	21.3	5.0			45.2	6685	0.0001	146	×
6	28.2	16.0	10.0			45.2	6436	0.0036	140	△
7	28.2	10.0	16.0		4.5	40.7	6648	0.0007	137	○
8	28.2	26.6				45.2	6652	0.0039	127	○
9	26.1		29.7	15.3	11.4	17.5	6812	0.0017	120	○
10	34.8		31.4		13.5	20.3	6808	0.0016	117	○
11	34.8		31.4		16.9	16.9	6646	0.0017	113	○
12	34.8		31.4		20.3	13.5	6624	0.0023	106	×
13	27.1	13.8	3.5			55.6	4937	0.0036	157	×
14	27.1	17.3				55.6	5045	0.0033	152	×
15	27.1	3.5	13.8		11.1	44.5	4978	-0.0003	145	△
16	27.1		17.3		22.2	33.4	5041	0.0015	133	○
17	23.4		16.6	8.6	25.7	25.7	5030	0.0015	120	○
18	27.1		17.3		20.3	13.5	5085	0.0057	115	△
19	20.8		1.6		38.8	38.8	2998	-0.0007	141	○
20	20.8		1.6		46.5	31.0	2984	-0.0003	133	○
21	20.8		1.6		54.3	23.3	2956	-0.0011	128	○
22	20.8		1.6		62.0	15.5	2974	-0.0002	122	×
23	21.0		0.8		23.5	54.7	2783	0.0017	160	×
24	21.7		1.2		30.8	46.4	2780	0.0014	150	○
25	22.5		1.5		38.0	38.0	2780	0.0004	142	○
26	23.7		1.5		44.9	29.9	2832	0.0012	135	○
27	24.5		1.5		51.8	22.3	2800	0.0019	128	△
28	25.3		1.5		58.6	14.6	2773	0.0014	123	×

【0030】表2では、左から順に、試作ランプの試作番号、蛍光体の種類と重量比、相関色温度、黒体軌跡からの色度偏差（ただし、プラスは黒体軌跡から左上側への色度偏差、マイナスは黒体軌跡から右下側への色度偏差を示す、以下  $u, v$ ）、目立ち指数  $M$ 、観測評価結果を示している。

【0031】この表2から明らかなように、相関色温度の違いによって、一般屋内として好ましい照明環境を与える放電ランプの目立ち指数  $M$  の範囲は異なることがわかった。そこで図1に、相関色温度 ( $T$ ) および逆数相関色温度 ( $Mr = 10^6/T$ ) と目立ち指数  $M$  との関係を示した。図1の○、△および×印は、放電ランプの評価を示しており、○印は屋内照明環境として“よい”、△印は“限界値”、×印は“悪い”という評価を示す。また、図1の各点の番号1～28は、表2の試作ランプの試作番号にそれぞれ対応している。この図1から、一般照明として好ましい照明環境を与える放電ランプの目立ち指数  $M$  の範囲は、斜線部の範囲であることがわかる。

【0032】つぎに、現在広く使用されている一般照明用放電ランプについても同様の計算による算出を行い、相関色温度および逆数相関色温度と目立ち指数  $M$  との関係調べた。その結果を図3に示す。図3における斜線部は、図1と同様に、上述した試作ランプに対する評価実験からわかった一般照明用として好ましい照明環境を与える放電ランプの目立ち指数  $M$  の範囲を示している。

【0033】図3の点29は普通形昼光色蛍光ランプ(6500K, Ra74)、点30は3波長域発光形昼光色蛍光ランプ(6700K, Ra88)、点31は演色AA昼光色蛍光ランプ(65

00K, Ra94)、点32は蛍光ランプD65(6500K, Ra98)、点33は普通形昼白色蛍光ランプ(5200K, Ra70)、点34は3波長域発光形昼白色蛍光ランプ(5000K, Ra88)、点35は演色AAA昼白色蛍光ランプ(5000K, Ra99)、点36は演色AA昼白色蛍光ランプ(5000K, Ra92)、点37は普通形白色蛍光ランプ(4200K, Ra61)、点38は演色AA白色蛍光ランプ(4500K, Ra91)、点39は普通形温白色蛍光ランプ(3500K, Ra60)、点40は3波長域発光形電球色蛍光ランプ(3000K, Ra88)、点41は美術・博物館用電球色蛍光ランプ(3000K, Ra95)、点42は演色AAA電球色蛍光ランプ(2700K, Ra95)、点43は高演色形高圧ナトリウムランプ(2500K, Ra85)、点44はメタルハライドランプ(4230K, Ra88)である。

【0034】図3から明らかなように、一般屋内照明として好ましい照明環境を与える放電ランプの目立ち指数  $M$  の範囲内に存在する既存の一般照明用放電ランプはない。また、一般照明用放電ランプとしては、相関色温度が2600Kから10000Kの範囲が実用可能な範囲である。

【0035】図1から、一般照明用放電ランプのより好ましい目立ち指数  $M$  は、放電ランプの相関色温度  $T$  および逆数相関色温度  $Mr$  ( $10^6/T$ ) の関係において、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 101.5$ 、かつ  $M \leq 7.5 \times 10^{-2} Mr + 129.5$ 、かつ  $100(MK^{-1}) \leq Mr \leq 385(MK^{-1})$  ( $2600(K) \leq T \leq 10000(K)$ ) の範囲内にいることが明らかになった。

【0036】このように、上述した図1の斜線範囲内に放電ランプの目立ち指数  $M$  を設計することにより、照明環境を好ましく色再現する一般照明用放電ランプ及び照明器具を提供することができる。

【0037】以下、図4～図9を参照しながら、本発明による一般照明用の放電ランプの実施例を説明する。

【0038】図4～図9は、一般照明用の放電ランプとして作製した蛍光ランプの相対分光分布を示す図である。各蛍光ランプは、400nmから460nm、500nmから550nm、600nmから670nmにピーク波長をもつ蛍光体の組み合わせにより構成できる。例えば、400nmから460nmにピーク波長をもつ蛍光体としては、 $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、 $(\text{Sr},\text{Ca})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、 $(\text{Sr},\text{Ca})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2\cdot n\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{2+}$ や $\text{BaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$ などがある。また、500nmから550nmにピーク波長をもつ蛍光体としては、 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3\cdot 0.2\text{SiO}_2\cdot 0.9\text{P}_2\text{O}_5:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}^{3+}$ や $\text{GdMgB}_5\text{O}_{10}:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ などがある。また、600nmから670nmにピーク波長をもつ蛍光体としては、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{GdMgB}_5\text{O}_{10}:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+},\text{Mn}^{2+}$ や $\text{GdMgB}_5\text{O}_{10}:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Mg}_6\text{As}_2\text{O}_{11}:\text{Mn}^{4+}$ や $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ などがある。以下、上述した代表的な蛍光体の組み合わせにより作製されるいくつかの例を説明する。

【0039】まずはじめに、3つの蛍光体で構成された6700Kの試作ランプの一例を説明する。この例の試作ランプは、 $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ と $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ と $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ との3つの蛍光体を重量比で順に約27:28:45で組み合わせて構成された蛍光ランプであり、表2の8番の試作ランプに相当する。図4にこの蛍光ランプの相対分光分布を示す。

【0040】表2からわかるように、青色系蛍光体として $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ を用いることにより、特に目立ち指数の高い放電ランプを作製することができる。また、 $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ を使用すれば、肌色の赤みを抑える効果もある。またこの例のように、赤色系蛍光体として $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ を用いると、特に深紅のバラや赤色のカーネーションなどの赤色を鮮やかにきれいに演色する効果があり、既存の3波長域発光形蛍光ランプの色彩特性を有意に超える色彩特性を有する。

【0041】つぎに、4つの蛍光体で構成された5000Kおよび3000Kの試作ランプの一例を説明する。図5および図6にこれらの試作ランプの相対分光分布を示す。どちらの試作ランプも、 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ と、 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ と、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ と、 $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ との4つの蛍光体を用いて作製されている。5000Kの試作ランプは、上記4つの蛍光体を重量比で順に約17:27:22:33で構成した蛍光ランプであり、表2の16番の試作ランプに相当する。3000Kの試作ランプは、上記4つの蛍光体を重量比で順に約1.6:21:47:31で構成した蛍光ランプであり、表2の20番の試作ランプに相当する。このように同じ蛍光体の組み合わせを用いても、蛍光体の重量比率を変化させることで相関色温度の異なる蛍光ランプを作製できる。

【0042】図5および図6に示した4つの蛍光体の組み合わせによる試作ランプは、特に木の葉の緑が鮮やかで

きれいに見える。さらに組み合わせる蛍光体の重量比を調整することによって、好ましい肌色を再現することができる。図5で示した試作ランプは肌色も好ましく見える。また図6で示した試作ランプは白熱電球と同等の色彩特性を有する。

【0043】つぎに、5つの蛍光体で構成された6700Kの試作ランプの一例を示す。図7は、 $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ と、 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ と、 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ と、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ と、 $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ との5つの蛍光体を重量比で順に約10:16:28:4.5:41による組み合わせで構成した蛍光ランプの相対分光分布である。この例の蛍光ランプは表2の7番の試作ランプに相当する。

【0044】つぎに、青緑色系蛍光体を組み合わせた試作ランプの一例を示す。

【0045】図8および図9は、 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ と、 $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}$ と、 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ と、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ と、 $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ との5つの蛍光体を用いて構成した蛍光ランプの例の相対分光分布を示す図である。図8の蛍光ランプは、これら5つの蛍光体を重量比で順に約30:15:26:11:18で構成した6700Kの蛍光ランプであり、表2の9番の試作ランプに相当する。また図9の蛍光ランプは、これらの5つの蛍光体を重量比で順に約17:9:23:26:26で構成した5000Kの蛍光ランプであり、表2の17番の試作ランプに相当する。

【0046】これらの例では、青緑色系蛍光体として $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}$ を用いている。この蛍光体を用いることにより、赤、黄、緑、青色の色の見え方のバランスが良くなるという効果が得られる。また、人の肌色も好ましく再現される。

【0047】以上、代表的な蛍光体の組み合わせ、およびその重量比を変化させて得られる放電ランプの例をいくつか説明したが、本発明は上述した例には限られない。放電ランプの目立ち指数Mが図1の斜線部で示される範囲内に設計されればよく、上述した例の他にもいろいろな蛍光体の組み合わせがあることは言うまでもない。

【0048】なお、上述した通り、蛍光体の組合せをいろいろ変えることにより、照明環境を好ましく色再現できる放電ランプが得られるという効果に加えて、いろいろな効果を得ることができる。すなわち、作製したい色彩環境の設計に応じて、目立ち指数Mと逆数相関色温度 $M_r$ との関係において、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 101.5$ 、かつ、 $M \leq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 129.5$ 、かつ、 $100(\text{MK}^{-1}) \leq M_r \leq 385(\text{MK}^{-1})$  ( $2600(\text{K}) \leq T \leq 10000(\text{K})$ ) の範囲内に保ちつつ、蛍光体の組合せにより種々の特徴あるランプを作製することができる。

【0049】なお、分光分布を示した上記の試作ランプ以外で、上記表2の実験に用いた試作ランプで特に特徴のあるランプ群について述べる。

【0050】表2の1、2、3番の試作ランプは、相関色温度Tが7100(K)の相関色温度を超えるランプであ

る。上述した通り、赤色系蛍光体として $3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2 \cdot \text{Mn}^{4+}$ を用いると赤色を鮮やかにきれいに演色する効果がある。しかし屋内空間も全体的にやや赤みを帯びてしまい、実際のランプの相関色温度よりも低相関色温度のランプであるように感じられる。そのため、既存のランプよりも白さ感やクリア感を保ちつつ、鮮やかに見せるためには、1、2、3番の試作ランプのように、7100Kよりも大きく10000K以下の相関色温度Tをもつランプが有用である。

【0051】また、表2の23、24、25、26番の試作ランプは、電球色領域 ( $2600\text{K} \leq T \leq 3150\text{K}$ ) の相関色温度Tをもつランプである。既存の電球色領域の蛍光ランプ、たとえば、3波長域発光形蛍光ランプは、特に赤色の演色が悪く白熱電球よりも劣る色彩特性を有していた。しかしながら表2の23、24、25、26番の試作ランプは、白熱電球と少なくとも同等の色彩特性を有しており、また白熱電球と類似した光色をもつランプである。

【0052】さらに、蛍光ランプの光色の色度点を、CIE 1960 uv 色度図上で黒体軌跡の色度点からの色度偏差u, vが-0.003よりも大きく、+0.010よりも小さい色度範囲に存在させることにより、白壁を白く見せることができる。このような蛍光ランプは、自然な照明光の光色のランプとして一般照明に用いられるのに適している。

【0053】また、蛍光ランプの光色の色度点を、CIE 1960 uv 色度図上で黒体軌跡の色度点からの色度偏差u, vが0よりも大きく、+0.010よりも小さい色度範囲に存在させれば、明るさ効率を高めることができる。

【0054】ここで図11に示すように、色度偏差 $\Delta u$ , vとは、光源の光色の色度点をS(u, v)とし、この色度点Sから黒体軌跡におろした垂線と黒体軌跡との交点をP ( $u_0, v_0$ )とすると、CIE 1960 uv 色度図上で色度点Sと交点Pとの距離SPとして定義する。ただし、色度点Sが黒体軌跡より左上側（緑がかった光色側）にある場合の色度偏差を正 ( $\Delta u, v > 0$ ) とし、右下側（赤がかった光色側）にある場合の色度偏差を負 ( $\Delta u, v < 0$ ) とした。

【0055】上述した例では、本発明による蛍光ランプを数例説明したが、高輝度放電ランプについても、蛍光ランプと同様に、適切な色彩環境を提供するランプを実現することができる。すなわち、高輝度放電ランプについても、目立ち指数Mを、その相関色温度Tおよび逆数相関色温度 $M_r$  ( $10^6/T$ ) との関係において、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 101.5$ 、かつ、 $M \leq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 129.5$ 、かつ、 $100(\text{MK}^{-1}) \leq M_r \leq 385(\text{MK}^{-1})$  ( $2600(\text{K}) \leq T \leq 10000(\text{K})$ ) を満足するように設計することにより、上述した例で示した蛍光ランプと同様の効果を得ることができる。

【0056】また、照明器具に関しても、たとえば、図4～図9に示したような相対分光分布の照明光を放射す

るための反射板や透過板を有する照明器具であれば、上述した各蛍光ランプと同様の効果を得ることができる。図10に本発明の一般照明用照明器具の一実施例の構成を示す。

【0057】この照明器具は、照明器具きょう体45、ランプ46、および透過板47を有している。透過板47は、それを透過した透過光48の相対光分布が、例えば図4～図9のいずれかの相対光分布となるようにランプ46の光に応じて作製されている。ランプ46より放射されて透過板47を透過した光48が、例えば図4から図9のいずれかに示すような相対分光分布になっているので、透過光48の目立ち指数Mと相関色温度Tおよび逆数相関色温度 $M_r$ との関係は、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 101.5$ 、かつ、 $M \leq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 129.5$ 、かつ、 $100(\text{MK}^{-1}) \leq M_r \leq 385(\text{MK}^{-1})$  ( $2600(\text{K}) \leq T \leq 10000(\text{K})$ ) を満足する。このため、このような照明器具によっても、より良い色彩環境を屋内に提供できる。また、本発明の照明器具では、透過光48の目立ち指数Mが上述した関係式を満足するように設計されていさえすればよいので、ランプ46として、平均演色評価数Raを向上させるように設計されている従来の一般照明用ランプを用いることもできる。

【0058】さらに、本発明の照明器具では、最終的な透過光48の目立ち指数Mが上述した関係式を満足するように設計されていさえすればよいので、ランプ46として、1個のランプを用いても、複数個のランプを用いても同様の効果が得られる。図12に、複数個のランプを用いた照明器具の例の構成を示す。

【0059】図12の照明器具は、照明器具きょう体45、それに收容されたランプ49、50、51および透過板47を有している。ランプ49、50、51は、互いに異なる分光分布を有していてもよい。このように複数個のランプを用いる場合には、ランプ49、50、51からの光は混光され、透過板47を通して透過光48として放射される。透過板47は、透過光48が例えば図4～図9で示したような相対分光分布を有するように、ランプ49、50、51からの光にあわせて設計されている。したがって、この例においても、透過光48の目立ち指数Mと相関色温度Tおよび逆数相関色温度 $M_r$ とは、 $M \geq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 101.5$ 、かつ、 $M \leq 7.5 \times 10^{-2} M_r + 129.5$ 、かつ、 $100(\text{MK}^{-1}) \leq M_r \leq 385(\text{MK}^{-1})$  ( $2600(\text{K}) \leq T \leq 10000(\text{K})$ ) を満足し、それにより、より良い色彩環境を屋内に提供することができる。

【0060】なお、図10および図12に示した例では、ランプに合わせて作製された透過板のみを用いた照明器具を説明したが、透過板の代わりに、反射光が例えば図4～図9に示すような相対分光分布を有するようにランプに合わせて作製した反射板を用いた場合にも、上述した例と同様の効果を得ることができる。また、透過板と反射板との両方を用いた場合にも、最終的に照明光

として照明器具から放射される光が例えば図4～図9に示したような相対分光分布を有するように透過板および反射板を作製すれば、上述した例と同様の効果を得ることができる。

【0061】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、少なくとも、屋内の花、草木などを好ましい色に再現し、屋内照明の色彩環境をより向上するための一般照明用の放電ランプ及び照明器具を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本概念となる目立ち指数Mと相関色温度T、逆数相関色温度Mrとの関係を示す図である。

【図2】本発明の基本概念となる目立ち指数Mを示す図である。

【図3】既存の放電ランプに対する目立ち指数M、相関色温度T、および逆数相関色温度Mrの関係を示す図である。

【図4】本発明の放電ランプの一実施例の相対分光分布図である。

【図5】本発明の放電ランプの一実施例の相対分光分布図である。

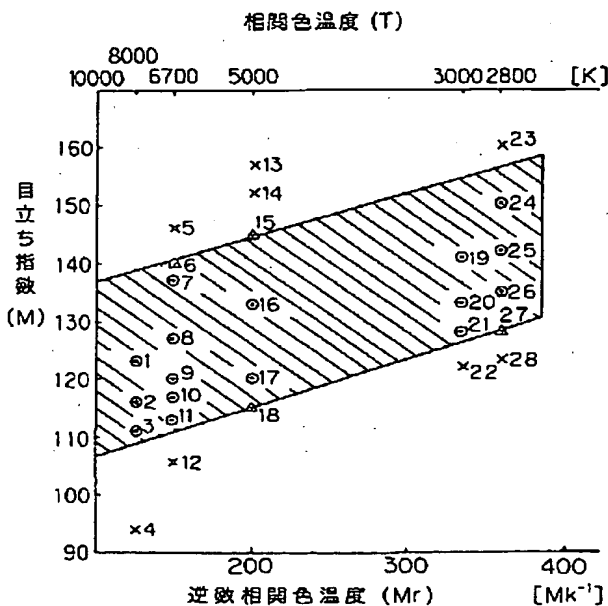
【図6】本発明の放電ランプの一実施例の相対分光分布図である。

【図7】本発明の放電ランプの一実施例の相対分光分布図である。

【図8】本発明の放電ランプの一実施例の相対分光分布図である。

【図9】本発明の放電ランプの一実施例の相対分光分布図である。

【図1】



【図10】本発明の一般照明用照明器具の一実施例の構成を示す図である。

【図11】色度偏差SPを示す図である。

【図12】本発明の一般照明用照明器具の他の実施例の構成を示す図である。

【符号の説明】

点1から点28 試作ランプ

点29 普通形昼光色蛍光ランプ(6500K, Ra74)

点30 3波長域発光形昼光色蛍光ランプ(6700K, Ra88)

10 点31 演色AA昼光色蛍光ランプ(6500K, Ra94)

点32 蛍光ランプD 65 (6500K, Ra98)

点33 普通形昼白色蛍光ランプ(5200K, Ra70)

点34 3波長域発光形昼白色蛍光ランプ(5000K, Ra88)

点35 演色AAA 昼白色蛍光ランプ(5000K, Ra99)

点36 演色AA昼白色蛍光ランプ(5000K, Ra92)

点37 普通形白色蛍光ランプ(4200K, Ra61)

点38 演色AA白色蛍光ランプ(4500K, Ra91)

点39 普通形温白色蛍光ランプ(3500K, Ra60)

点40 3波長域発光形電球色蛍光ランプ(3000K, Ra88)

20 点41 美術・博物館用電球色蛍光ランプ(3000K, Ra95)

点42 演色AAA 電球色蛍光ランプ(2700K)

点43 高演色形高圧ナトリウムランプ(2500K, Ra85)

点44 メタルハライドランプ(4230K, Ra88)

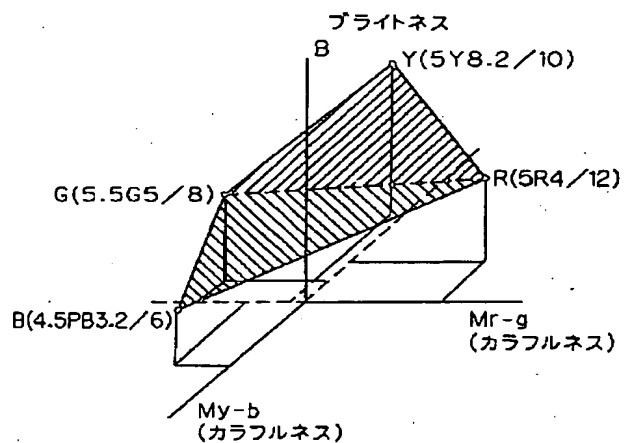
45 照明器具きょう体

46 ランプ

47 透過板

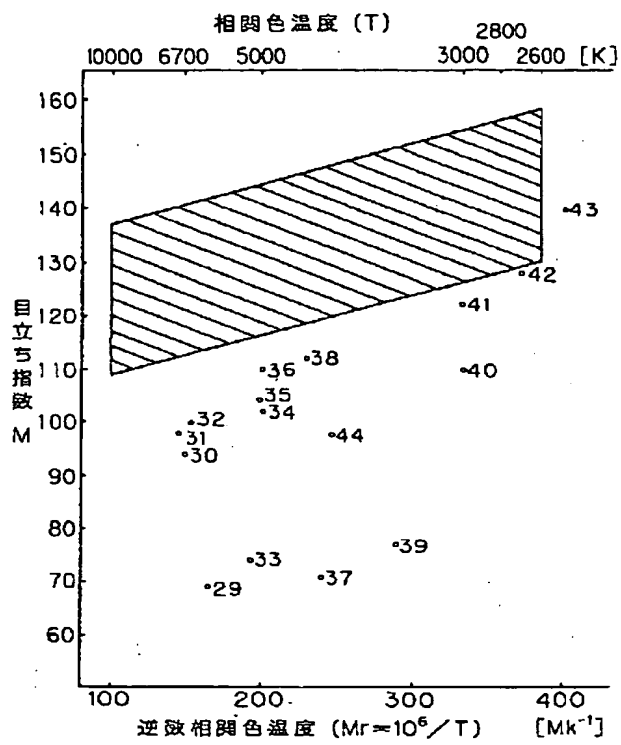
48 透過光

【図2】

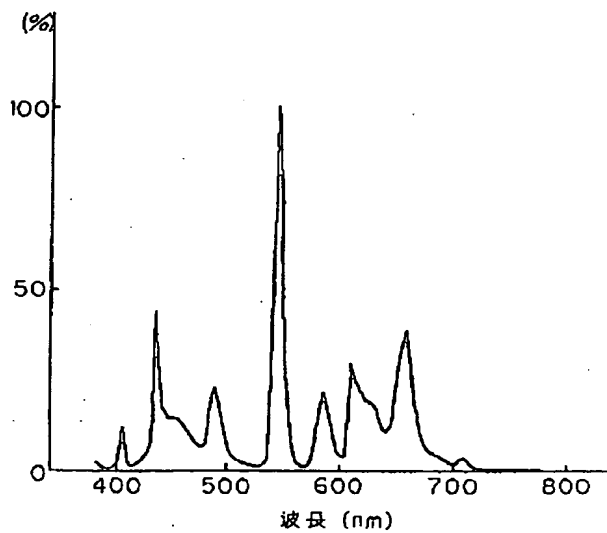




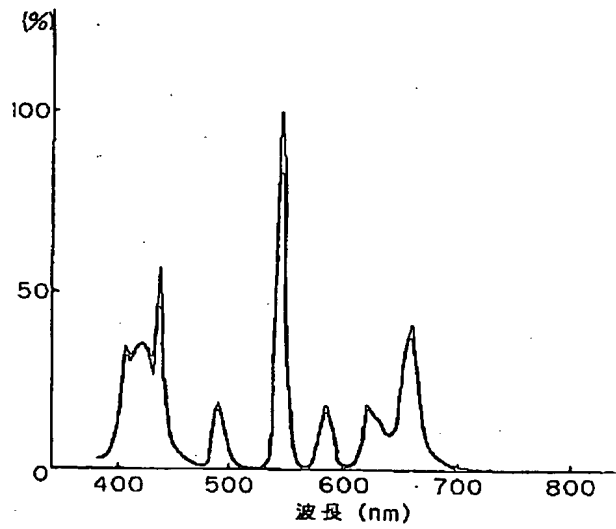
【図3】



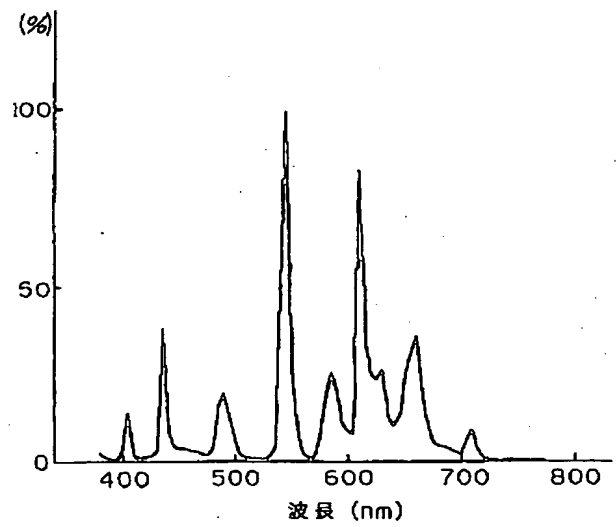
【図5】



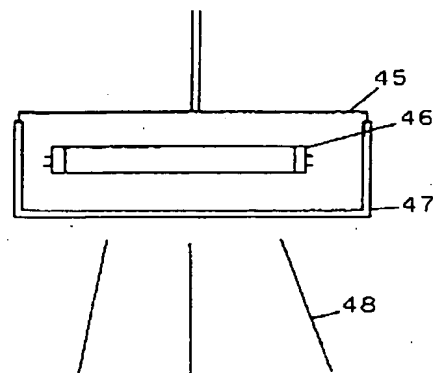
【図4】



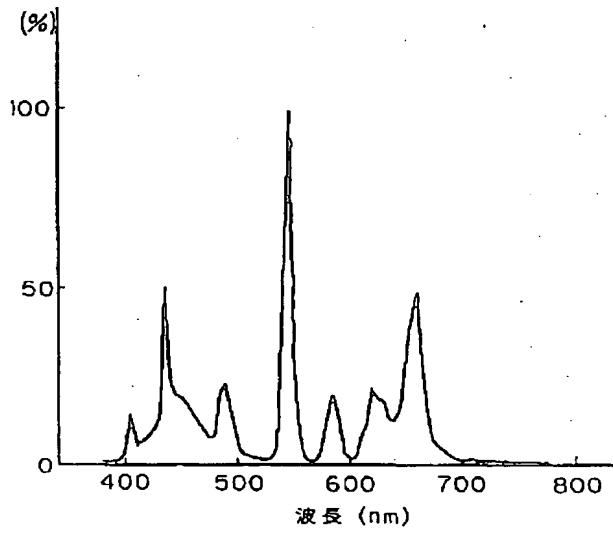
【図6】



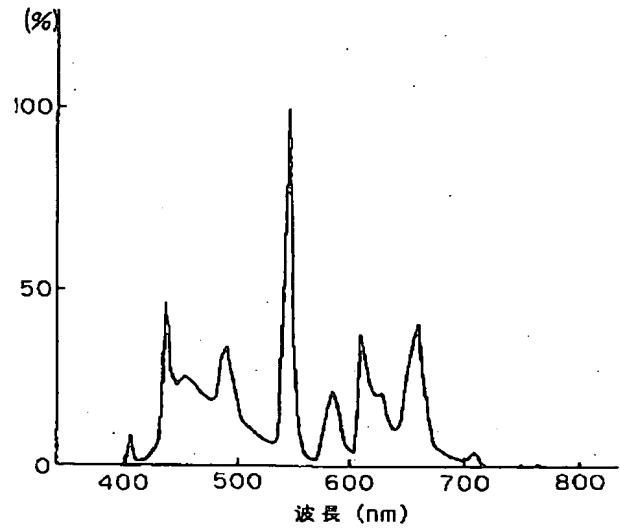
【図10】



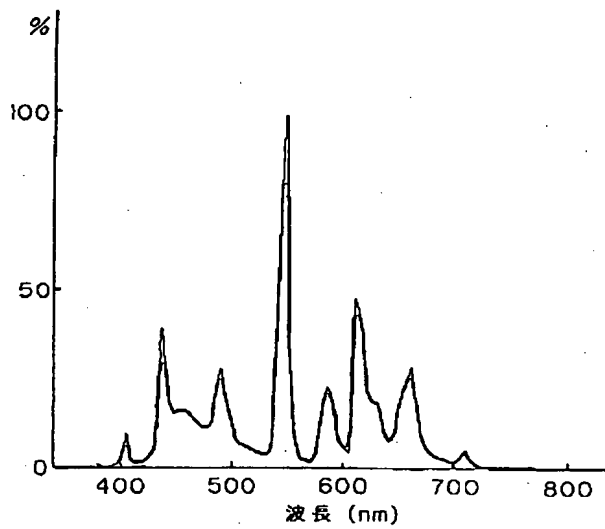
【図7】



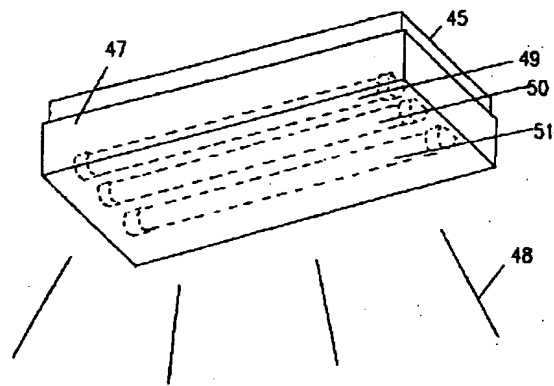
【図8】



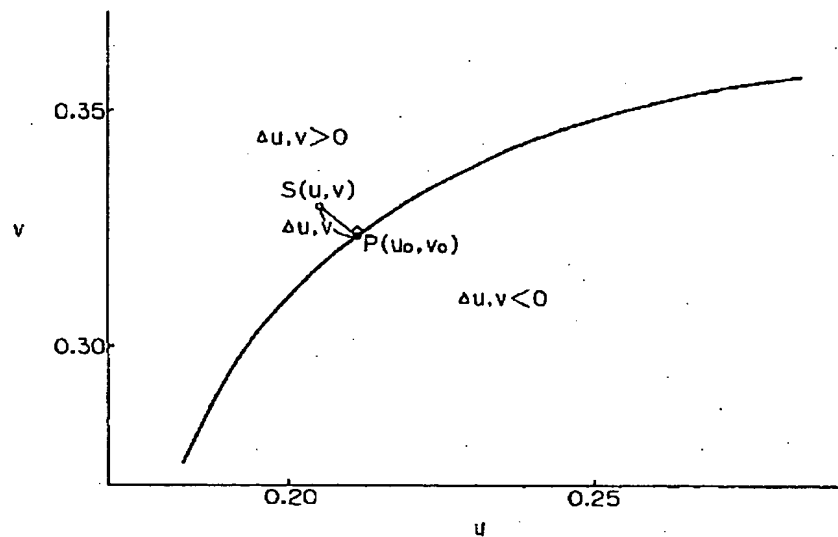
【図9】



【図12】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 昭57-101814 (JP, A)  
 特開 平1-296561 (JP, A)  
 特開 平6-13045 (JP, A)  
 特開 平5-36384 (JP, A)  
 特開 平5-28966 (JP, A)  
 特開 平4-209463 (JP, A)  
 特開 平8-185829 (JP, A)  
 特開 平8-55610 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
 H01J 61/44  
 F21S 8/04

BEST AVAILABLE COPY